

Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação

134

Circular Técnica

Brasília, DF
Outubro, 2014

Autores

Waldir Aparecido Marouelli
Eng. Agríc., Ph.D.
Irrigação
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Iriani Rodrigues Maldonade
Eng. Alim., D.Sc.
Ciência de Alimentos
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Marcos Brandão Braga
Eng. Agr., D.Sc.
Irrigação
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF

Henoque Ribeiro da Silva
Eng. Agr., Ph.D.
Irrigação
Embrapa SRI
Brasília, DF

Fotos: Waldir Marouelli e Marcos Braga



Introdução

Apesar da existência de legislação federal que estabelece as condições e os padrões de qualidade para o lançamento de efluentes nos corpos de água em todo o território nacional, é de conhecimento geral que um número significativo de nossos rios e lagos encontram-se poluídos ou em processo de poluição, seja por dejetos domésticos e industriais gerados nos grandes centros urbanos ou em decorrência de atividades agrícolas e pastoris ou de outras fontes poluentes. Quando carregados ou lançados diretamente nas fontes de água, sem o devido tratamento, esgotos sanitários e resíduos orgânicos gerados por essas atividades podem causar contaminações de natureza microbiológica, além de outros tipos de contaminações, inviabilizando o uso da água para fins de irrigação.

O problema de contaminação microbiológica das fontes de águas superficiais por efluentes não tratados ou tratados de forma inadequada, que tem diminuído nos últimos anos, é usualmente mais grave nas proximidades de regiões urbanas e periurbanas. No entanto, problemas de contaminação fecal da água podem existir mesmo em áreas distantes das regiões urbanas, podendo ter origem no lançamento direto de esgotos sanitários à montante do local de captação de água, esgotos domésticos gerados na própria propriedade rural ou no carreamento e lançamento de fezes produzidas por animais, sobretudo aqueles criados de forma extensiva em sistema de confinamento.

Apesar dos riscos de transmissão de uma série de doenças ao homem, águas contaminadas, principalmente por esgotos sanitários, têm sido usadas

para a irrigação de diferentes espécies vegetais sem qualquer critério técnico ou tratamento prévio adequado. Como consequência, pode ser constatada, com alguma frequência, a ocorrência de organismos patogênicos, como a *Escherichia coli* enteropatogênica, as salmonelas, os ovos de helmintos e os cistos de protozoários, em hortaliças e frutas consumidas pela população. Quando presentes na água de irrigação, tais organismos são capazes de contaminar diversos produtos agrícolas, em especial aqueles com área superficial grande e irregular, infectar o homem e provocar várias doenças, como as verminoses, os distúrbios gastrointestinais, as micoses e as viroses.

O consumo de hortaliças e frutas em sua forma *in natura* constitui um importante meio de transmissão de várias doenças infecciosas. Dentre as hortaliças, as folhosas (alface, rúcula etc.) se destacam como as mais eficientes na transmissão de doenças, pois oferecem melhores condições para a retenção e a sobrevivência dos organismos depositados sobre as mesmas pela água de irrigação. A contaminação dos produtos também pode ocorrer durante outras etapas da produção, colheita, comercialização e preparo dos alimentos.

O tratamento de águas contaminadas é um processo dispendioso. Quanto maior o grau de poluição, maior é o custo para se tratar um mesmo volume de água. O custo e a tecnologia usada para o tratamento dependem dos tipos de contaminantes presentes e da espécie de planta a ser irrigada. Embora os padrões de qualidade da água para fins de irrigação sejam menos rígidos que aqueles para fins de abastecimento público, o custo de tratamento, quando necessário, é muito alto para ser bancado pelo produtor rural, devido principalmente ao grande volume de água usado na irrigação. Além do custo, existe a questão tecnológica envolvida no processo de tratamento, inacessível, por exemplo, ao pequeno e médio produtor rural. Há, portanto, necessidade de desenvolvimento, adaptação e validação de processos simplificados de tratamento de baixo custo.

Neste trabalho são apresentados os riscos inerentes à utilização de águas contaminadas por organismos patogênicos para fins de irrigação e os cuidados básicos que devem ser tomados pelos agricultores e consumidores, principalmente aqueles de hortaliças e frutas que são consumidas cruas.

Doenças transmissíveis

A água, quando contaminada por dejetos fecais não tratados, é um dos meios mais eficientes de transmissão e de disseminação de diversas doenças ao homem. Essas doenças podem ser causadas por cinco categorias principais de contaminantes biológicos: bactérias, fungos, helmintos, protozoários e vírus.

Bactérias: microrganismos unicelulares, procariotos (sem núcleo definido), heterotróficos ou autotróficos, que se reproduzem por divisão binária simples. Doenças causadas por esses organismos incluem a febre tifoide e a cólera. Linhagens patogênicas de *E. coli* podem causar diarreias agudas, especialmente em crianças, infecções nas vias urinárias, além de outras enfermidades.

Fungos: microrganismos unicelulares ou multicelulares, eucarióticos, aclorofilados, heterotróficos, geralmente filamentosos, que se reproduzem comumente por meio de esporos. Doenças causadas por fungos e que podem vir a ser transmitidas pela água limitam-se basicamente à ocorrência de erupções de pele e micoses.

Helmintos: organismos eucariotas, pluricelulares, heterotróficos, altamente especializados para viverem como parasitas humanos. Podem ser classificados em nematódeos (vermes cilíndricos), cestóides (vermes chatos) e trematódeos (vermes providos de ventosas). Muitas são as verminoses que podem ser transmitidas pela água, como a ascaridíase e a teníase. Dentre os vermes intestinais, o *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, ainda constitui importante problema endêmico no Brasil.

Protozoários: organismos unicelulares, eucariotas, heterotróficos, com mobilidade especializada, que normalmente se reproduzem por cissiparidade ou conjugação. As infecções causadas por esses organismos e que podem ser transmitidas pela água restringem-se basicamente à disenteria amebiana e à giardíase.

Vírus: parasitas intracelulares constituídos de uma ou mais moléculas de ácido nucleico (DNA ou RNA), sendo geralmente envolvidos por um invólucro proteico denominado capsídeo. As doenças oriundas de vírus incluem, por exemplo, a poliomielite, distúrbios gastrointestinais e a hepatite.

Estudos têm indicado que uma parcela significativa de pessoas portadoras de entamoebas, giárdias, estrongilóides, tênias, necátors, tricocéfalos, áscaris e oxiúros foi infectada pelo consumo de hortaliças e frutas irrigadas com águas contaminadas por esgotos sanitários não tratados. Indicam ainda que doenças como a cólera e a febre tifoide também podem ser disseminadas por meio do consumo de hortaliças e frutas que foram irrigadas com águas carregando *Vibrio cholerae* e *Salmonella typhi*, respectivamente, acima das doses mínimas infectantes.

A transmissão de doenças via produtos agrícolas contaminados pela água de irrigação deve-se basicamente a três fatores principais: precariedade do saneamento básico, falta de esclarecimento por parte de muitos agricultores e falta de orientação às donas-de-casa da necessidade de sanitização de hortaliças e frutas antes de serem consumidas. Assim, o tratamento de esgotos sanitários é medida fundamental para combater doenças e verminoses transmitidas pela água de irrigação ou pelo consumo de frutas e hortaliças produzidas com águas contaminadas.

Na Tabela 1 são sumarizadas as principais doenças que podem ser transmitidas direta ou indiretamente por meio da água de irrigação, com indicativo do agente etiológico, principais formas de transmissão e de algumas medidas para a prevenção da doença.

Riscos de transmissão de doenças

Na maioria dos casos, a transmissão de doenças ao homem via água de irrigação ocorre principalmente por meio de hortaliças e frutas irrigadas com águas contaminadas por esgotos sanitários e que venham a ser consumidas pela população sem qualquer higienização prévia.

Além da qualidade da água, os riscos de transmissão de doenças ao consumidor final dependem de vários fatores, como o tipo de produto vegetal, o tempo decorrido entre o contato com a água e a colheita, a persistência do patógeno no ambiente, a dose mínima infectante, a imunidade da população à doença e as práticas de manipulação da água e dos produtos a serem consumidos.

As doenças causadas por helmintos são, em regra, as mais efetivamente transmitidas pelo uso

de águas contaminadas, o que se deve à longa persistência desses organismos no ambiente, da dose mínima infectante ser pequena e da grande susceptibilidade da população a esses parasitas. Muito embora o tempo de sobrevivência dos vírus na água, no solo e nos vegetais seja relativamente grande e a dose mínima infectante baixa, as viroses são as menos transmitidas pela água de irrigação e isso se deve em parte a relativa imunidade da população a maioria dos vírus. Entre esses dois extremos encontram-se as transmissões de doenças causadas por protozoários e bactérias.

A persistência de patógenos na água, no solo e na planta é muito variável, dependendo do tipo de organismo e das condições ambientais. No estágio infeccioso e sob temperaturas ambiente entre 20°C e 30°C, protozoários, como a *Giardia lamblia* e a *Entamoeba histolytica*, sobrevivem por um período entre duas e três semanas, enquanto grande parte das bactérias e dos vírus patogênicos podem sobreviver entre um e três meses. Mais resistentes, os ovos de helmintos, como de *Trichuris trichiura*, de *Taenia saginata* e de *Ascaris lumbricoides*, podem sobreviver no ambiente por mais de doze meses.

Produtos hortícolas com maiores áreas de contato em relação ao seu volume, como a alface crespa, são os que apresentam maior risco de contaminação. Dentre os produtos que podem ser consumidos crus, aqueles cuja inflorescência constitui a parte comestível, como os brócolos e a couve-flor, e as folhosas, principalmente as com folhas sobrepostas e superfície irregular, como a alface e a chicória, são as que mais favorecem a retenção e a sobrevivência de organismos depositados pela água de irrigação. O risco de contaminação aumenta significativamente quando o contato com a água contaminada ocorre próximo à colheita ou durante o manuseio pós-colheita. Por outro lado, os produtos que apresentam superfície lisa e pequena em relação ao seu volume, como o tomate, o pimentão e a manga, assim como aqueles que se apresentam na forma de cabeça compacta, como o repolho, possuem capacidade reduzida de retenção.

Além da transmissão indireta por meio do consumo de produtos agrícolas contaminados pela água de irrigação, algumas doenças podem ser transmitidas ao homem pelo contato direto da água com a pele

Tabela 1. Principais doenças transmissíveis direta ou indiretamente pela água de irrigação, agente etiológico, formas de transmissão e principais medidas de controle.

Doença	Agente etiológico	Modo de transmissão	Medida de prevenção ⁽¹⁾
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados; moscas	Controle de moscas; lavar as mãos; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas; filtragem da água
Ancilostomíase	<i>Ancilostoma duodenale</i> ; <i>Necator americanus</i>	Contato com o solo contaminado	Uso de calçados; não usar adubo orgânico contaminado com fezes humanas
Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados, principalmente hortaliças e frutas consumidas cruas; mãos contaminadas	Lavar as mãos; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas; filtragem da água
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados	Fervura e cloração da água; cozimento e acondicionamento adequado de alimentos
Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>	Contato da pele ou mucosas com água contaminada	Evitar contato com águas contaminadas; retificação de cursos d'água; drenagem de áreas alagadas; uso de moluscicidas
Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados; contato com pacientes e objetos contaminados	Fervura e cloração da água; pasteurização do leite e derivados; cozimento e acondicionamento adequado de alimentos
Gastroenterite, infecção urinária e outras doenças por <i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados; mãos contaminadas	Lavar as mãos; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados, principalmente hortaliças e frutas consumidas cruas; mãos contaminadas	Filtragem da água; higiene pessoal e doméstica; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas; lavar as mãos
Hepatite infecciosa (A)	Vírus da hepatite A	Contaminação fecal-oral; ingestão de alimentos contaminados, principalmente hortaliças, frutas e mariscos consumidos crus	Fervura da água; cozimento dos alimentos; prevenções de ordem médica; vacinação
Poliomielite	Polívirus 1, 2, 3	Secreções oronasais; água contaminada; moscas	Vacinação; doença em fase de erradicação
Shigelose	<i>Shigella spp</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados; mãos contaminadas	Lavar as mãos; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas
Rotavirose	Rotavírus	Contato com pessoas e objetos contaminados; ingestão de água e alimentos contaminados; mãos contaminadas	Lavar as mãos; sanitizar hortaliças e frutas consumidas cruas; vacinação
Teníase	<i>Taenia solium</i> e <i>Taenia saginata</i>	Ingestão de água e alimentos contaminados; mãos contaminadas	Cozimento de alimentos; lavar as mãos e os alimentos

⁽¹⁾ Saneamento básico, que inclui coleta de lixo e tratamento de água e esgoto, é medida indispensável na prevenção de todas as doenças acima descritas.

Fonte: adaptado de Rouquayrol & Veras (1994) e Bastos et al. (2003).

ou a mucosa. A maioria dos casos de transmissão comprovada acontece com o trabalhador rural durante a realização das irrigações ou da manutenção do sistema de irrigação, incluindo a captação de água.

A esquistossomose é uma doença de grande importância, sob o aspecto de saúde pública, transmitida ao homem por meio do contato da água. Sua disseminação ocorre em grande parte do território nacional, mesmo na zona rural em águas com baixo índice de poluição fecal, incluindo canais de irrigação e áreas irrigadas por sistemas superficiais (sulco e tabuleiros de inundação).

O ciclo evolutivo do parasita ocorre em dois hospedeiros: o definitivo (homem e outros mamíferos) e o intermediário (moluscos do gênero *Biomphalaria*). O combate aos caramujos pode ser feito utilizando métodos físicos, químicos e biológicos. Os métodos físicos consistem em medidas de saneamento básico e da eliminação dos criadouros predominantes. Obras de engenharia sanitária previnem não apenas a esquistossomose, mas muitas outras doenças, como as hepatites, as salmoneloses e as giardíases. Os métodos químicos envolve o uso de moluscidas que, em geral, são tóxicos, mas não possuem efeito residual prolongado. Os métodos biológicos incluem o uso de predadores ou competidores.

Fontes de água e de contaminação

Rios, córregos, represas, lagos e canais são as fontes de água mais comumente usadas para fins de irrigação. Outras fontes incluem poços subterrâneos (rasos ou profundos) e a rede municipal de água.

As fontes de água superficiais estão sujeitas a contaminação, intermitente ou temporária, pelo lançamento de esgotos sanitários e de dejetos orgânicos diretamente nos corpos de água ou pelo carreamento, pela água da chuva, de dejetos orgânicos gerados pela própria atividade rural, como da criação de animais e do uso de adubos orgânicos. Dependendo da carga poluidora, da distância à jusante do ponto de contaminação e das características do curso de água, uma água inicialmente considerada imprópria para irrigação poderá vir a ser usada sem maiores restrição em algum ponto à jusante do curso de água. Isto

pode ocorrer em função da carga poluidora ser gradativamente neutralizada ao longo do curso de água, num processo natural denominado autodepuração.

Ainda que fontes subterrâneas sejam menos suscetíveis a contaminação, em razão do processo natural de “filtração” através das camadas de solo e rocha, é necessário considerar que a água não é inerte e que certas atividades urbanas e rurais podem levar a sua contaminação por agentes biológicos, como bactérias e vírus. Poços rasos, inadequadamente construídos ou localizados em áreas intensamente urbanizadas ou exploradas com a criação de animais, por exemplo, apresentam alto risco de contaminação pela água de superfície.

O problema de contaminação da água usada para irrigação é mais grave nos cinturões verdes dos centros urbanos, onde significativa parte das fontes de águas superficiais, e mesmo subterrânea, estão contaminadas. A contaminação ocorre principalmente em razão do lançamento direto de esgoto sanitário bruto ou da descarga de estações de tratamento de esgoto sem o devido tratamento em corpos de água superficiais.

A contaminação por dejetos fecais também pode ocorrer por deficiência ou inexistência de sistema séptico na própria propriedade rural. O tratamento de esgotos sanitários produzidos na propriedade rural pode e deve ser realizado localmente de forma a evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas. A fossa séptica, por exemplo, é uma unidade de tratamento primário de esgoto sanitário onde é feita a sedimentação e a digestão dos dejetos orgânicos presentes no esgoto. É um método simples e de baixo custo para o tratamento de esgotos produzidos em áreas rurais ou residências isoladas. Na fossa ocorre a retenção da parte sólida do esgoto e o início do processo biológico de purificação do efluente. O efluente é distribuído no solo por meio de sumidouro e/ou de valas de infiltração. Para uma maior eficiência no processo, o efluente pode passar por um tanque com filtro anaeróbico antes de ser infiltrado no solo. O tratamento poderá incluir ainda tanques de aeração e de decantação. Recomenda-se consultar a companhia de saneamento ambiental da região para verificar as exigências e instruções de construção e instalação, incluindo modelos de fossas sépticas disponíveis no mercado.

Na propriedade agrícola é importante manter os animais fora das áreas de cultivo e das proximidades da fonte de água, assim como proporcionar aos trabalhadores de campo banheiros construídos de forma adequada ou unidades sanitárias móveis.

Animais domésticos devem permanecer em alojamentos adequados com esgotamento sanitário ou reaproveitamento dos dejetos como adubos orgânicos. O esgotamento sanitário deve ser ligado à fossa séptica ou outro tipo de tratamento de efluente. Animais não devem ter acesso à área de produção para que não contaminem principalmente as hortaliças folhosas, por meio da defecação e contaminação da água de irrigação. Vetores silvestres de transmissão de doenças, como pequenos animais e pássaros, não são, em regra, significativos na contaminação de fontes de água para fins de irrigação.

Além da água de irrigação, produtos de origem vegetal podem ser contaminados por organismos patogênicos durante várias outras etapas entre a produção e o consumo dos alimentos. Dentre outras fontes de contaminação, destacam-se: uso de material fecal, não devidamente compostado ou tratado, na adubação; cultivo em solo contaminado por material fecal; más condições higiênicas na lavação e embalagem dos produtos ainda na propriedade; transporte e armazenamento inadequados de produtos; e hábitos precários de higiene pessoal e doméstica no preparo de alimentos.

A identificação de fontes de contaminação fecal pode ser realizada por meio de uma simples inspeção sanitária nas áreas de produção e vizinhas e nas fontes de água usadas para irrigação. A inspeção deve ser realizada de forma periódica e preventiva, independente da realização de análises laboratoriais e dos resultados dos indicadores de qualidade da água. Algumas vezes, problemas de contaminação podem ser remediados pelo próprio produtor, seja por meio do tratamento ou do manejo adequado de esgotos e dejetos de animais produzidos na própria propriedade. A solução é geralmente complexa quando a contaminação é por esgotos sanitários municipais. Nesse caso, o caminho seria demandar, por meio de uma associação ou grupo de produtores, o tratamento dos esgotos junto à companhia estadual de águas e

esgotos e à prefeitura do município (pode demorar anos), utilizar outra fonte de água (muitas vezes inexistente), realizar o tratamento da água a ser usada (processo muito caro) ou irrigar outras culturas (caso a qualidade da água possibilite).

O uso de água residual oriunda do tratamento de esgotos sanitários para fins de irrigação já vem sendo testado e realizado há várias décadas em diferentes locais ao redor do mundo. Nesses países, o tratamento de esgotos urbanos para reúso da água na irrigação é realizado basicamente pelas próprias companhias de tratamento de água e esgotos. O uso de água residual geralmente requer legislação específica e, de um modo geral, não se presta para irrigar hortaliças e frutas que possam vir a ser consumidas cruas. No Brasil, trabalhos sobre o tratamento e o reúso de águas provenientes de esgoto sanitário na irrigação vêm sendo desenvolvidos em diversas universidades e instituições de pesquisa e desenvolvimento. Tais aspectos não são abordados em maior profundidade por desviar do escopo da publicação.

Indicadores de qualidade da água

A detecção da presença de organismos patogênicos em uma amostra de água por meio de análises laboratoriais é geralmente difícil, por estarem presentes em baixas concentrações. Ademais, algumas análises laboratoriais para a detecção de organismos patogênicos específicos são complexas e de custo elevado. Essa dificuldade é superada ao se utilizar microrganismos indicadores de contaminação fecal.

Muito embora os microrganismos indicadores de contaminação fecal não sejam necessariamente patogênicos, a quantificação dos mesmos possibilita uma avaliação aceitável do nível de contaminação fecal na água e, conseqüentemente, de sua potencialidade de transmitir doenças ao homem.

Os microrganismos normalmente empregados como indicadores de contaminação fecal são as bactérias do grupo coliforme, pois estão presentes em grande quantidade nas fezes humanas e apresentam resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Três grupos principais de coliformes são usados como indicadores: coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli*.

Os coliformes totais representam um grande grupo de bactérias presentes mesmo em águas e em solos não contaminados por fezes humana e de animais. Como nesse grupo de coliformes estão incluídas bactérias de origem fecal (termotolerantes) e não fecal (termosensíveis), não se pode estabelecer uma relação segura entre a presença de coliformes totais e a de organismos patogênicos intestinais. Assim, não é um indicador seguro para a avaliação das condições sanitárias de ambientes aquáticos. No entanto, por terem sido bastante usados no passado, devido à sua simplicidade de processamento e à larga documentação de uso, a contagem de coliformes totais ainda tem sido usada em avaliações de processos de tratamento de água.

Os coliformes termotolerantes, antes denominados fecais, são um grupo de bactérias encontradas principalmente no trato intestinal humano e de outros animais, de onde são eliminados para o meio ambiente por meio das fezes. Esse grupo de bactérias pode ocorrer, no entanto, mesmo em ambientes (água, solo, planta entre outros) não contaminados por material fecal, pois a análise para coliformes termotolerantes não é capaz de suprimir parte dos coliformes não fecais. Assim, apesar de ser mais preciso que a contagem de coliformes totais, coliformes termotolerantes não é um indicador sensível para uma avaliação criteriosa da exposição de ambientes aquáticos à poluição fecal. Entretanto, presença de coliformes termotolerantes é um indicativo da existência de outras enterobactérias no ambiente, como de *Salmonella* ssp. e de *Shigella* ssp., além de *E. coli* patogênica.

A *E. coli* é um gênero de enterobactéria, pertencente ao grupo dos coliformes fecais-termotolerantes, cujo habitat específico é o intestino humano e de animais homeotérmicos (de sangue quente; mamíferos e aves), que pode causar diarreias do tipo hemorrágicas ou não, usualmente transmitidas por via fecal-oral. São encontradas em esgotos sanitários, águas poluídas e mesmo em efluentes tratados e águas naturais com contaminação recente por seres humanos. Por ser garantia de contaminação unicamente fecal e por sua detecção em laboratório ser bastante simples, com o uso de métodos baseados na combinação de substratos cromogênicos e fluorogênicos, a *E. coli* é usada como indicador padrão de contaminação fecal.

Atualmente, a análise de contaminação fecal da água pode ser feita de forma expedita e a baixo custo, sem nem mesmo necessitar o envio de amostras aos laboratórios de análise. Existem no mercado diferentes tipos de kits para detecção, inclusive simultânea, de coliformes totais e termotolerantes e de *E. coli*. Alguns kits são bastante simples e permitem determinação qualitativa de contaminação em poucas horas. Outros mais completos e precisos permitem a obtenção de resultados quantitativos entre 18 horas a 48 horas.

Confirmado o estado de contaminação fecal da água, análises microbiológicas específicas poderão ser realizadas para avaliar a presença de patógenos de interesse. Tais análises não são, no entanto, necessárias ou requeridas para fins de água para uso na irrigação. Deve-se ressaltar que a detecção de contaminação de origem fecal nos alimentos (hortaliças e frutas) é também feita por meio dos mesmos indicadores utilizados para a água, com destaque para os coliformes termotolerantes e a *E. coli*.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um indicador usado para expressar o nível de matéria orgânica em decomposição na água. Apesar de a presença de matéria orgânica na água favorecer uma maior proliferação de muitos organismos, a DBO não indica o grau de contaminação fecal da água. É, no entanto, um indicador presente na legislação brasileira.

Amostragem de água para análise de qualidade

A qualidade da água proveniente de uma mesma fonte pode alterar significativamente ao longo do tempo, sendo mais variável nas fontes superficiais do que nas subterrâneas. Tecnicamente, a frequência das análises é função de fatores como objetivo da análise, custo, homogeneidade da fonte de água, precisão desejada e variação temporal das características de qualidade da água. Na literatura, a frequência de amostragem de águas para fins de irrigação é comumente estabelecida em função do tipo de fonte, como sugerido a seguir:

- Rios, riachos, lagoas, represas, canais abertos e poços rasos: realizar uma análise a cada três meses durante o período de cultivo;

- Poços subterrâneos devidamente construídos, cobertos e mantidos: realizar uma análise anual no início do período de cultivo;
- Rede de água municipal: manter os registros da qualidade da água distribuída, fornecido pela companhia de água na conta mensal.

A legislação em vigor, proposta e regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 357, publicada em 2005, no entanto, recomenda que no caso da avaliação de coliformes termotolerantes ou de *E. coli* devem ser realizadas pelo menos seis amostras de água durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Para a obtenção de amostras representativas de água para a análise de qualidade é indispensável ponderar que, além da questão temporal, pode existir grande variabilidade espacial nas condições em que as amostras são coletadas. Para que a amostragem seja a mais representativa possível devem-se considerar os seguintes aspectos:

- Poços profundos: a amostragem deve ser feita após o nível da água do poço ter entrado em equilíbrio durante o bombeamento;
- Rios e córregos: a amostragem deve ser realizada no ponto de captação de água, tanto na superfície quanto em diferentes profundidades (amostra composta);
- Pequenos reservatórios: a amostra pode ser coletada na saída do reservatório, visto que não há grandes variações na qualidade da água nesse tipo de corpo de água;
- Grandes reservatórios: a amostragem deve ser feita em diversos locais e profundidades (amostra composta), uma vez que as características da água podem variar significativamente;
- Rede de água municipal: se a água for coletada de uma torneira, deve-se deixar aberta por cerca de dois minutos antes de se fazer a coleta da amostra.

Para a coleta e acondicionamento das amostras de água deve-se usar um frasco esterilizado, de preferência fornecido pelo laboratório de análise. Os tipos de frascos normalmente recomendados para a análise de coliformes e de DBO são os de

vidro ou de plástico inertes, preferencialmente escuros e resistentes a álcalis. Tampas rosqueáveis de plásticos inertes são geralmente recomendadas. No caso do recipiente não ser fornecido pelo laboratório, o mesmo deverá ser previamente lavado com água quente e detergente e enxaguado adequadamente também com água quente. Posteriormente, colocar o recipiente e a tampa em água (de boa qualidade) fervendo e deixar por 15 minutos. O tamanho dos frascos é função da quantidade de análises a ser realizadas, mas um volume de um litro é geralmente suficiente.

As amostras de água devem ser entregues no laboratório num prazo de até 24 horas e o transporte realizado em recipientes que protejam as amostras da luz solar. Se o tempo necessário entre a coleta e o transporte das amostras superar 24 horas, o uso de gelo e caixa térmica se faz necessário; de qualquer forma, não deve superar 36 horas para que a amostra chegue ao laboratório. As amostras devem ser devidamente identificadas com o local da fonte de água, horário e data da coleta.

Classificação e possibilidades de uso da água

Diferentemente das águas destinadas ao abastecimento público, águas contaminadas por dejetos fecais podem vir a ser usadas para fins de irrigação dependendo do grau de contaminação, do tipo de cultura a ser irrigada e do sistema de irrigação adotado.

A classificação das águas segundo seus usos predominantes no Território Nacional foi proposta e regulamentada pela Resolução nº 357 do CONAMA, publicada em 2005. Das treze classes estabelecidas, quatro dizem respeito às possibilidades de uso para fins de irrigação (Tabela 2). Os limites apresentados para cada classe não devem exceder o número de unidades formadoras de colônias (UFC) de coliformes termotolerantes em 80% de pelo menos seis amostras coletadas no período de um ano, com frequência bimestral entre amostras. Pela resolução, o número *E. coli* pode ser determinado em substituição ao de coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental (municipal, estadual ou federal) competente.

Tabela 2. Classes e possibilidades de uso de água para a irrigação de diferentes espécies de plantas, segundo seu grau de contaminação por bactérias do tipo coliformes termotolerantes e limites de DBO.

Classe	Coliformes termotolerantes ⁽¹⁾ (UFC/100 mL ⁽²⁾)	DBO ⁽³⁾ (mg/L O ₂)	Culturas a serem irrigas
1	200	3	Hortalças consumidas cruas e fruteiras em que os frutos se desenvolvam rentes solo e sejam consumidos crus sem remoção da película
2	1.000	5	Hortalças e frutíferas, exceto as anteriores, parques, jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a entrar contato direto
3	4.000	10	Arbóreas, cerealíferas e forrageiras

⁽¹⁾ *E. coli* poderá ser determinada em substituição a coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

⁽²⁾ Unidades formadoras de colônias (UFC) de coliformes por 100 mL de água em no máximo 80% de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral entre amostras.

⁽³⁾ DBO: demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C).

Fonte: Brasil (2005).

Águas doces e salobras da classe 1 (< 200 UFC de coliformes termotolerantes por 100 mL de água) podem ser usadas na irrigação de hortalças que são consumidas cruas, como as folhosas e as brássicas, e de fruteiras em que os frutos se desenvolvam rentes solo e sejam consumidos crus sem remoção da película, como o morango. Na resolução do CONAMA, águas doces são aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5 g/L, enquanto as salobras apresentam salinidade entre 0,5 g/L e 30 g/L.

Águas doces da classe 2 (200 a 1.000 UFC de coliformes termotolerantes por 100 mL) podem ser usadas para a irrigação de hortalças que não são consumidas cruas, como o chuchu, a batata e a abóbora-seca. Também podem ser usadas em fruteiras com frutos que se desenvolvam rente do solo e sejam consumidos crus, mas com remoção da película, como a melancia e a melão.

Na Resolução nº 357 do CONAMA esta implícito que águas da classe 2 podem ser usadas para irrigar fruteiras ou espécies de plantas em que os frutos são consumidos crus e sem remoção da película, desde que os mesmos se desenvolvam distante do solo, tais como a uva e a maçã. Neste caso, o produtor deve estar atento para não haver risco de contaminação dos frutos durante a irrigação. Para tal, devem ser usados sistemas que não molhem a planta, como gotejamento e sulco, nunca sistemas por aspersão. Como a água de irrigação pode contaminar o solo, cuidado especial deve ser

tomado por ocasião das colheitas, pois o contato dos frutos e das caixas de colheita com o solo pode contaminar os frutos. Outro aspecto é que os frutos devem estar posicionados na planta a uma altura tal em que não sejam atingidos por respingos de água da chuva que atinge o solo.

Algumas hortalças conduzidas em sistema de tutoramento vertical e que podem ser consumidas cruas sem a remoção da película, como o tomate e o pimentão, não devem, a princípio, ser irrigadas com água contaminada além dos limites estabelecidos na classe 1, mesmo que por sistemas por sulco ou gotejamento, visto que os frutos mais baixos, por estarem próximos ao solo, podem ser facilmente contaminados por respingos de água de chuva. No caso de cultivo protegido, o problema de contaminação dos frutos pelo respingo da chuva é eliminado, mas ainda existe o risco de contaminação dos mesmos durante a colheita.

Águas doces da classe 3 (1.000 a 4.000 UFC de coliformes termotolerantes por 100 mL) não são permitidas para a irrigação de qualquer tipo de hortalça ou fruteira, mas somente para plantas arbóreas, culturas cerealíferas (feijão, milho, trigo etc.) e forrageiras. Ainda que não previsto na legislação, águas da classe 3 poderiam vir a ser usadas, sem maiores problemas, durante as fases de fruteiras perenes em os frutos ainda não estivessem presentes.

Por fim, águas com a presença de mais de 4.000 UFC de coliformes termotolerantes por 100 mL não podem ser usadas, sem tratamento prévio, para a irrigação de nenhuma espécie vegetal, incluindo espécies florestais, por exemplo.

O limite de contaminação estabelecido pela Organização Mundial da Saúde para água destinada a irrigação de hortaliças consumidas cruas é de 1.000 UFC de coliformes termotolerantes por 100 mL, portanto acima daquele estabelecido no Brasil. Esse padrão é similar ao adotado, por exemplo, no Chile e outros países. Outros países desenvolvidos, por outro lado, adotam padrões de qualidade ainda mais rígidos que os adotados no Brasil, sobretudo no caso de hortaliças e frutas que são consumidas cruas.

Tratamento de água para fins de irrigação

O objetivo principal do tratamento de águas contaminadas para uso na irrigação não é eliminar, mas reduzir a níveis seguros e previstos na legislação as quantidades de organismos patogênicos presentes na água, a fim de proteger a saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores dos alimentos produzidos em áreas irrigadas.

Apesar de muitas fontes de água, principalmente próximas a centros urbanos, apresentar níveis de contaminação fecal acima do estabelecido na legislação, a quase totalidade dos produtores irriga com água sem qualquer tipo de tratamento para redução de organismos patogênicos. Isso ocorre por dois motivos principais: alto custo do tratamento de grandes volumes de água necessários para irrigação (40-150 m³/ha/dia) e falta de fiscalização, motivada, muitas vezes, pelo fato da universalização dos serviços de saneamento básico à população ser de competência comum da União, estados e municípios. Quando usado, o tratamento da água envolve filtração e cloração e tem como objetivo minimizar apenas problemas de entupimento em sistemas de irrigação por gotejamento.

O tratamento de grandes volumes de água, mesmo quando não gravemente contaminados por esgotos sanitários municipais, é certamente um processo dispendioso. O tratamento, dependendo da qualidade inicial e final da água e da cultura a ser

irrigada, pode envolver diferentes fases e requerer o uso de procedimentos físicos, biológicos e químicos similares aos adotados em estações de tratamento de esgotos sanitários e de água para abastecimento público.

O tratamento convencional de águas superficiais para fins de abastecimento público envolve geralmente as seguintes etapas: oxidação, correção do pH, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção do pH, desinfecção e fluoretação. As etapas de oxidação e a desinfecção são geralmente atingidas com a adição de cloro, a correção de pH com cal ou soda, a coagulação com sulfato de alumínio ou cloreto férrico e a fluoretação, enquanto as demais etapas envolvem procedimentos físicos.

No que se refere ao tratamento de esgotos sanitários urbanos, o processo conjunto de remoção de sólidos grosseiros (pré-tratamento), sedimentação (tratamento primário), remoção de matéria orgânica (tratamento secundário), coagulação, filtração e desinfecção química (tratamento terciário) é geralmente usado nas estações de tratamento.

O tratamento secundário de esgotos é realizado após a remoção de sólidos grosseiros e sedimentáveis. Envolve geralmente um processo biológico por ser a forma mais eficiente e de menor custo de remoção da matéria orgânica presente em esgotos sanitários e em águas severamente contaminadas pelos mesmos. A matéria orgânica é decomposta pela ação de bactérias aeróbias ou anaeróbias presentes no próprio efluente. Finalizado o tratamento secundário, águas residuais tratadas apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, sendo, na maioria dos casos, despejadas no meio ambiente receptor pelas companhias de tratamento de esgoto.

Dentre os processos de tratamento biológico destacam-se: lagoas de estabilização, lodos ativados, filtros biológicos, reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB). Dentre as lagoas de estabilização, por exemplo, existem diversas variações, como: facultativa; aerada facultativa; anaeróbica combinada com lagoa facultativa, de maturação; e de polimento.

O processo de tratamento biológico de esgotos utilizando lagoas de estabilização é indicado

principalmente para regiões tropicais, pois além do menor custo, em relação a outros processos biológicos, oferece alta eficiência no tratamento da água (Tabela 3). A área necessária para a construção das lagoas, que variar de 0,2 m² a 5,0 m² por habitante, no caso de tratamento de esgoto, depende do tipo de lagoa, qualidade inicial do efluente, condições climáticas e grau de tratamento requerido. Dentre os diferentes tipos de lagoas, a facultativa é de simples construção, operação e manutenção e não apresenta o problema de maus odores das lagoas anaeróbicas.

O tratamento da água em lagoa facultativa utiliza processos biológicos naturais e físicos de baixo custo, como o uso de tela, misturadores e sedimentação. A luz solar é a principal fonte de energia responsável pelo aceleração dos processos biológicos na decomposição dos materiais orgânicos. Assim, a profundidade da lagoa deve variar entre 1,5 m a 2,0 m. A matéria orgânica é decomposta por bactérias e outros microrganismos não patogênicos, que liberam nutrientes responsáveis pela proliferação e crescimento de algas. As algas produzem oxigênio que é usado por bactérias aeróbicas responsáveis por “purificar” a água. As bactérias também produzem gás

carbônico, que é necessário para as algas realizarem fotossíntese. O tempo de residência do efluente na lagoa, que é o fator mais importante na remoção de bactérias, deve ser de 20 dias a 30 dias. Na Figura 1 é apresentado um diagrama esquemático dos processos envolvidos no tratamento de água em uma lagoa facultativa.

Além da redução na DBO e de sólidos em suspensão, o tratamento biológico possibilita eficiências de remoção de organismos patogênicos da água da ordem de 50% a 90%, podendo chegar a 99% (Tabela 3), dependendo do sistema usado e condições operacionais. Apesar das eficiências serem elevadas, a quantidade remanescente de coliformes poderá ser ainda superior àquelas necessárias para o atendimento dos padrões legais exigidos para irrigação. Neste caso, pode ser necessária a realização de tratamento complementar para a desinfecção da água.

As lagoas de maturação possibilitam o pós-tratamento de efluentes provenientes de lagoas de estabilização clássicas e constituem-se uma alternativa de menor custo à desinfecção de efluentes por métodos mais convencionais, como a cloração. Finalidade similar têm as lagoas de

Tabela 3. Eficiência relativa de processos de tratamento de águas contaminadas por esgotos sanitários.

Tratamento	Eficiência na redução (%)		
	DBO ⁽¹⁾	Sólidos em suspensão	Bactérias
Tela fina	5 – 10	2 – 20	0
Sedimentação	25 – 40	40 – 70	50 – 90
Cloração	15 – 30	--	90 – 95
Precipitação química	50 – 85	70 – 90	40 – 80
Filtro biológico	80 – 95	50 – 85	60 – 90
Lodo ativado	85 – 95	55 – 90	60 – 90
Reator UASB	60 – 75	65 – 80	60 – 90
Lagoa facultativa	75 – 85	70 – 80	60 – 99 ⁽³⁾
Cloração ⁽⁴⁾	--	--	99 – 99,9
Ozonização ⁽⁴⁾	--	--	99 – 99,9
Radiação ultravioleta ⁽⁴⁾	--	--	99 – 99,9

⁽¹⁾ DBO: demanda bioquímica de oxigênio.

⁽²⁾ Reator anaeróbico de manta de lodo.

⁽³⁾ Para uma série de pelo menos três lagoas com tempo total de residência acima de 15 dias.

⁽⁴⁾ Tratamento de desinfecção após pré-tratamento da água para eliminação de sólidos em suspensão e matéria orgânica.

Fonte: adaptado de Shuval (1990), Sperling (2005) e Wastewater... (2006).

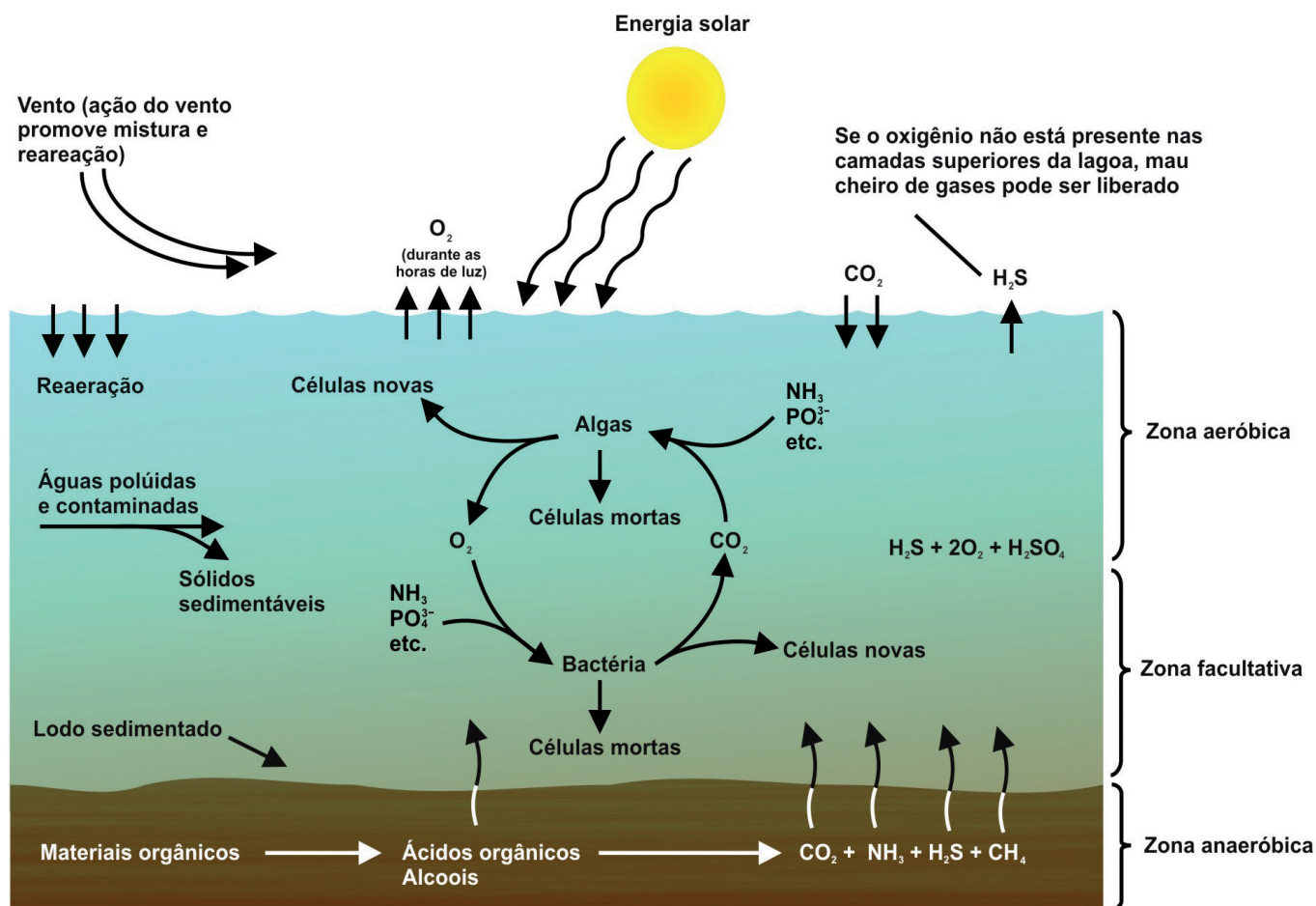


Figura 1. Diagrama esquemático dos processos envolvidos no tratamento de água em lagoas de estabilização facultativas (Fonte: adaptado de Tchobanoglous & Schroeder, 1987).

polimento, que diferenciam das lagoas de maturação basicamente por serem usadas no pós-tratamento de efluentes gerados em reatores UASB. Águas provenientes de lagoas de maturação e de polimento, em sistemas de tratamento bem manejados, apresentam potencial para serem utilizadas na irrigação da maioria das culturas, pois apresentam menos de um ovo de helmintos e menos de dez mil coliformes termotolerantes por litro de água.

No processo químico de desinfecção da água, o cloro é o produto normalmente usado, seja na forma de cloro gasoso, dióxido de cloro, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio. A dosagem, o tempo mínimo de contato e a concentração de cloro residual ao término do tempo de contato dependem, principalmente, da qualidade inicial da água e do número máximo de organismos indicadores (usualmente coliformes termotolerantes) que se deseja alcançar ao final do processo de tratamento. Um residual mínimo de cloro da ordem de 0,5 mg/L para um tempo de contato mínimo de 15 minutos é

geralmente suficiente para a remoção de pelo menos 99,9% das bactérias presentes na água. A dosagem de cloro requerida para efluentes secundários, por exemplo, pode variar entre 1 g/L e 10 g/L.

A ozonização e a radiação ultravioleta, dentre outras tecnologias, também têm sido usadas para a desinfecção de águas para diferentes finalidades. Apesar de eficazes na desinfecção de águas para fins de irrigação, tais tecnologias têm sido usadas, em outros países, apenas para pequenas áreas irrigadas e culturas de alto retorno econômico. Comparativamente à ozonização, a tecnologia de radiação ultravioleta demanda um menor investimento inicial, tem menor custo operacional e de manutenção e é muito menos complexa, principalmente para ser utilizada na propriedade agrícola.

O tempo de contato do organismo com o agente desinfetante constitui em uma das principais variáveis do processo de desinfecção. Em geral, para

uma dada concentração de desinfetante, a destruição será tanto maior quanto mais elevado for o tempo de contato. No caso da radiação ultravioleta, a eficácia da desinfecção da água encontra-se diretamente relacionada à quantidade de energia absorvida pelos organismos, a qual é função da intensidade de liberação de energia pelas lâmpadas e do tempo de exposição a essa intensidade.

Na Tabela 3 é apresentada a eficiência média de remoção de bactérias, DBO e sólidos em suspensão de diferentes processos físicos, biológico e químicos de tratamento de águas e de esgotos sanitários. Em geral, as eficiências de remoção de vírus nos processos de tratamento são similares às apresentadas na Tabela 3 para bactérias. Já a remoção de cistos de protozoários e de ovos de helmintos nos processos biológicos, que ocorre basicamente por sedimentação, apresenta eficiência ligeiramente menor que a para bactérias.

Cistos de protozoários são muito mais resistentes que bactérias e vírus à ação dos desinfetantes usualmente empregados em processos de tratamento de água e esgotos, particularmente ao cloro. São, no entanto, facilmente destruídos pela radiação ultravioleta. Já os ovos de helmintos são extremamente resistentes à cloração, radiação ultravioleta e ozonização. Assim, a remoção de cistos de protozoários e ovos de helmintos é preferencialmente realizada por sedimentação e filtração, devido ao tamanho e à densidade dos cistos (4-60 mm) e dos ovos (20-50 mm).

Higienização de hortaliças e frutas

Dada à comprovada capacidade de sobrevivência de organismos nos vegetais, hortaliças e frutas, uma vez contaminados pela água de irrigação ou qualquer outra fonte de contaminação, poderão servir de veículo na transmissão de diversas doenças aos consumidores. Dentre as hortaliças consumidas cruas, as folhosas são as que apresentam maior potencial de transmissão de doenças ao homem quando irrigadas com águas contaminadas com dejetos fecais, pois são irrigadas quase que diariamente e favorecem a retenção e a sobrevivência de organismos entre as folhas.

Independente da origem, as hortaliças e frutas, principalmente aquelas consumidas cruas, devem ser lavadas e higienizadas antes de consumidas. Em

algumas regiões do Brasil, como no Distrito Federal, a legislação requer que as hortaliças folhosas sejam lavadas após a colheita, no local da produção, antes de serem embaladas e transportadas para os centros distribuidores.

A área reservada para a recepção de hortaliças e frutas na propriedade restringe-se, geralmente, em um galpão, cujo objetivo é de realizar as operações de seleção, lavagem, sanitização, embalagem e de expedição, conhecido também como casa de embalagens (*packing house*). Cada produtor deve construir e dimensionar o tamanho do galpão de acordo com as suas necessidades. Contudo, a distribuição física (*layout*) do galpão deve contemplar, no mínimo, uma área para recepção da matéria prima, um tanque com chuveiro para a lavagem em água corrente e outro tanque para sanitização (podendo ser de alvenaria com revestimento de cerâmica, de fibra ou de plástico), uma bancada com grade de aço inox para enxágue, uma pequena área para armazenamento das caixas que serão expedidas. Deve-se ressaltar que a área de recepção deve ser projetada de modo que esta fique mais próxima do campo de cultivo, enquanto que a área de expedição deve estar logisticamente próxima da saída.

Preferencialmente, as hortaliças folhosas devem ser lavadas primeiramente em água corrente para a retirada de terra e sujidades e, apenas posteriormente, realizar o processo de desinfecção ou sanitização. Entretanto, pelo fato de na maioria das vezes a água usada para a lavagem de hortaliças não sofrer nenhum tratamento físico e químico e, por ventura, estar contaminada com agentes biológicos, esta água pode causar a transmissão de vermes e bactérias, e representar um grande problema de saúde pública. Por isso, a água usada na pós-colheita deve ser potável, livre de organismos e substâncias químicas. Geralmente, os produtores fazem uso de água proveniente das cisternas ou poços artesianos para a sanitização de hortaliças, que devem ser cloradas apropriadamente antes de serem usadas. Porém, no caso do produtor ter que utilizar a água de irrigação proveniente de córregos, minas e lagos nesta etapa de pós-colheita, é necessário que esta água seja filtrada, armazenada e clorada antes de ser usada nas etapas de higienização. Alguns cuidados devem ser tomados nesta etapa do processo de lavagem, a fim de evitar a contaminação cruzada, como:

- Se possível, a água de lavagem deve ter a temperatura inferior à temperatura ambiente, para que haja um resfriamento das hortaliças, diminuindo as taxas de respiração;
- Usualmente, a sanitização da hortaliça folhosa é feita, após a lavagem em água corrente, em sistema fechado como tanques e caixas de água, com adição de sanitizante, o hipoclorito de sódio (apenas os que são permitidos para uso em alimentos) numa concentração de cloro livre de 100 mg/L a 150 mg/L;
- Após a lavagem, as hortaliças devem ser escurridas em uma esteira perfurada ou tela de aço inox (tipo moeda), com a finalidade de remoção do excesso de água. Deve-se ressaltar que o excesso de água pode promover o crescimento de fungos e bolores.

Embora com menor capacidade de retenção, outras hortaliças e frutas consumidas cruas também são susceptíveis à contaminação pela água de irrigação. Cuidado, no entanto, deve-se ter mesmo com aquelas hortaliças que não são consumidas cruas, pois podem ser contaminadas após o cozimento pelo contato com utensílios (tábuas, facas etc.) sujos ou mesmo por outras hortaliças infectadas durante o preparo de refeições caseiras e em restaurantes.

O cozimento é a operação unitária mais eficaz na redução ou eliminação de contaminantes biológicos em hortaliças e frutas. No entanto, muitas hortaliças e a grande maioria das frutas são consumidas cruas, não recebendo qualquer tipo de tratamento térmico. Nesse caso, a lavagem cuidadosa e o uso de soluções desinfetantes podem reduzir sensivelmente o grau de contaminação biológica.

A lavagem cuidadosa em água corrente de boa qualidade pode reduzir a microflora bacteriana em torno de 70%, sendo, portanto, essencial realizar uma etapa de sanitização a seguir. Para tal, deve-se utilizar um produto desinfetante que, além de eficaz, seja seguro do ponto de vista toxicológico. O uso de soluções desinfetantes reduz consideravelmente a flora microbiana, mas sua eficácia depende do tipo de desinfetante usado, da concentração aplicada e do tempo de contato com o produto a ser higienizado.

Nas agroindústrias e nos restaurantes industriais as hortaliças geralmente sofrem o processo de pré-lavagem com detergente líquido apropriado, a fim

de remover as sujeiras aderidas ao produto, assim como os ovos de parasitas, devido à sua ação tensoativa. A ação detergente destes produtos ajuda a remover os ovos de vermes, que nem sempre são eliminados com a adição de cloro na água de sanitização. Há no mercado internacional vários tipos específicos de desinfetantes biodegradáveis, com ação desinfetante e tensoativa, para a lavagem de frutas e verduras.

Dentre os desinfetantes mais comuns ao alcance da dona de casa, a água sanitária é um dos mais indicados. Trata-se de uma solução aquosa à base de hipoclorito de sódio ou de cálcio com teor de cloro ativo entre 2,0% e 2,5%. É importante que o usuário verifique no rótulo do produto se o mesmo é recomendado para tal fim.

Diluída a 1,5% em água municipal clorada (15 mL ou uma colher de sopa por litro de água), a água sanitária pode proporcionar uma redução próxima a 99% na flora bacteriana de hortaliças ou frutas imersas na solução durante 15 minutos. Os alimentos devem ser lavados em água corrente clorada antes e depois de serem imersos na solução desinfetante. A lavagem e sanitização somente devem ser realizadas por ocasião que o alimento for ser preparado para o consumo. Pode ser encontrado nos supermercados embalagens de hipoclorito próprias para a sanitização de produtos hortícolas e de frutas; neste caso, consultar o rótulo do produto para instruções de uso.

Outro produto usado por donas de casa é o vinagre, que tem o ácido acético como agente desinfetante. Existe, todavia, uma portaria da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que indica a utilização somente de produtos registrados no Ministério da Saúde, o que não é o caso do ácido acético. Dentre os diferentes tipos de vinagre, o de álcool é relatado ser o mais eficaz. Um procedimento normalmente adotado é o de manter hortaliças e frutas imersas por cerca de 30 minutos em uma solução contendo de duas a três colheres de sopa de vinagre por litro de água (solução com 3-4% de vinagre). Vários estudos, no entanto, tem demonstrado que tal concentração de vinagre possibilita uma redução de bactérias inferior a 90%. Para uma eficácia similar à sanitização usando água sanitária, conforme descrito acima, se faz necessário o uso de uma solução com 20% a 25% de vinagre (200-250 mL por litro de solução) e um tempo de imersão de 15 minutos.

Mesmo com uma redução significativa da contaminação microbiológica, o uso de soluções desinfetantes não pode ser considerado um processo totalmente seguro para a sanitização de hortaliças e frutas, sobretudo para aquelas com alta taxa de contaminação fecal e que são consumidas cruas. Maior segurança sanitária no consumo de hortaliças e frutas somente é possível por meio da adoção de boas práticas agrícolas (BPA) durante todo o período de cultivo e colheita, de comercialização e de fabricação (BPF), além da sanitização das mesmas, principalmente antes do consumo *in natura*.

Conclusões e recomendações gerais

- Uma significativa fração das águas superficiais, principalmente em regiões urbanas e periurbanas, está contaminada por esgotos sanitários e, apesar da legislação em vigor, tem sido usada para a irrigação, inclusive de hortaliças consumidas cruas.
- Várias doenças de interesse público são transmitidas ao homem por meio do consumo de hortaliças e frutas, sobretudo aquelas consumidas cruas, irrigadas com águas contaminadas por organismos patogênicos de origem fecal.
- A inspeção e o controle sanitário das águas usadas para a irrigação principalmente de hortaliças são de grande importância para a saúde pública, mas têm sido muitas vezes desprezados pelos órgãos oficiais de saúde.
- O custo para o tratamento de águas contaminadas por dejetos de origem fecal é muito elevado para ser bancado pelo produtor rural, devido principalmente aos grandes volumes de água usados na irrigação. Ademais, é atribuição do poder público a coleta e o tratamento adequado de todo esgoto sanitário gerado nas áreas urbanas, antes de serem lançados no ambiente.
- Há necessidade de pesquisas específicas visando desenvolver ou aprimorar métodos simples e de baixo custo para o tratamento sanitário de grandes volumes de água para fins de irrigação.
- O consumo de hortaliças e frutas em sua forma *in natura* pode expor a população a uma contaminação por agentes parasitários, sendo que a sanitização com soluções desinfetantes pode minimizar o risco.
- Maior segurança sanitária no consumo de hortaliças e frutas consumidas cruas somente é

possível por meio do uso de água de boa qualidade, da adoção de BPA e BPF durante a produção e pós-colheita, além do processo de sanitização dos alimentos.

- A água de irrigação geralmente usada é proveniente de córregos, rios e lagos. Sempre que possível, deve-se fazer análise microbiológica da água de irrigação e, em caso de contaminação acima dos limites permitidos pela legislação, esta água deverá ser filtrada e clorada antes de ser usada na lavoura.
- É necessário que a fiscalização sanitária atue de forma mais efetiva e integrada junto aos produtores, companhias estaduais de águas e esgotos, estados e prefeituras, principalmente em áreas de maior produção de hortaliças folhosas, e que o produtor e o consumidor passem por um processo contínuo de conscientização e de orientação quanto às corretas práticas e condições higiênicas e sanitárias desde a produção até o consumo das hortaliças.

Referências

- BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; KELLER, R. Organismos patogênicos e efeitos sobre a saúde humana. In: GONÇALVES, R. F. L. (Ed.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2003, p. 27-88.
- BRASIL, Leis, decretos, etc. Resolução/CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial**, Brasília 18 março 2005. Seção 1, p. 58-63. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e de outras providências.
- ROUQUAYROL, M. Z.; VERAS, F. M. F. Doenças transmissíveis e modos de transmissão. In: ROUQUAYROL, M. Z. (Ed.) **Epidemiologia & saúde**. 4. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1994. p. 217-268.
- SHUVAL, H. I. **Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions**. Washington: World Bank, 1990. 55 p. (Technical paper, 51).
- SPERLING, M. Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

TCHOBANOGLIOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water quality, characteristics, modeling and modification**. Davis, CA: Addison-Wesley, 1987. 768 p.

WASTEWATER use in agriculture. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Geneva, 2006. 196 p. v. 2.

Literatura recomendada

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010, 227 p.

ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 5, p. 16-19, 2010.

BARRERA, S. C. **Manual de tecnologías para mitigar la contaminación de las aguas de riego**. Santiago: Comisión Nacional de Riego, 2007. 53 p.

BASTOS, R. K. X. (Ed.). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, 2003, 267 p.

BATISTA, M. **Manual do saneamento básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2012, 76 p.

DANIEL, L. A. (Ed.). **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos: PROSAB, 2001, 139 p.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2008. 878 p. v. 1.

DRECHSEL, P.; SCOTT, C. A.; RASCHID-SALLY, L.; REDWOOD, M.; BAHRI, A. (Eds.). **Wastewater irrigation and health: assessing and mitigating risk in low-income countries**. London: Earthscan, 2009, 404 p.

EIROA, M. N. U.; PORTO, E. Avaliação de diferentes desinfetantes a base de cloro e vinagre contra *Vibrio cholerae* presente em alface. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 169-172, 1995.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Eds.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006, 427 p.

GONÇALVES, R. F. (Ed.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2003, 438 p.

GREGÓRIO, D. S.; MORAES, G. F. A.; NASSIF, J. M.; ALVES, M. R. M.; CARMO, N. E.; JARROUGE, M. G.; BOUÇAS, R. I.; SANTOS, A.C. C.; BOUÇAS, T. R. J. Estudo da contaminação por parasitas em hortaliças da região leste de São Paulo. **Science in Health**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 96-103, 2012.

HEALTH guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. World Health Organization: Geneva, 1989, 74 p. (Technical Report, 778).

LEITÃO, M. F. F. Perigos em produtos agrícolas frescos. In: **ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 35-88. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).

LEITÃO, M. F. F.; MONTEIRO FILHO, E.; DELAZARI, I.; ANGELUCCI, E. Eficiência de desinfetantes na redução da contaminação bacteriana da alface. **Boletim ITAL**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 201-226, 1981.

MARQUELLI, W. A. Fontes de água e práticas de irrigação. In: **ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 105-121. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).

McFARLAND, M. J.; SANDERSON, M. A.; McFARLAND, A. M. S. Wastewater and reclaimed water irrigation. In: HOFFMAN, G.J.; EVANS, R.G.; JENSEN, M.E.; MARTIN, D.L.; ELLIOTT, R.L. (Ed.) **Design and operation of farm irrigation systems**. 2. ed. St. Joseph: ASABE, 2007, p. 754-789.

MORETTI, C. L. Casa de embalagem e transporte. In: **ELEMENTOS de apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 171-186. (Série Qualidade e Segurança dos Alimentos).

NASCIMENTO, M. S.; SILVA, N.; OKAZAKI, M. M. Avaliação comparativa da eficácia de cloro, vinagre, ácido acético e ácido peracético na redução da população de micro-organismos aeróbios mesófilos em verduras e frutas. **REV NET-DTA Online**, São Paulo, v. 3, n. 6, p. 224-230, 2003.

OLIVEIRA, A. B. A. **Comparação de diferentes protocolos de higienização de alface (*Lactuca sativa*) utilizados em restaurantes de Porto Alegre – RS**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. FAO: Rome, 1992, 125 p. (Irrigation and Drainage, paper 47).

SANTOS, H. S.; MURATORI, M. C. S.; MARQUES, A. L. A.; ALVES, V. C.; CARDOSO FILHO, F. C.; COSTA, A. P. R.; PEREIRA, M. N. G.; ROSA, C. A. R. Avaliação da eficácia da água sanitária na sanitização de alfaces (*Lactuca sativa*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 56-60, 2012.

[illegible]

[illegible]

**Circular
Técnica, 134**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na
Embrapa Hortaliças
Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
C. Postal 218, CEP 70.351.970 – Brasília-DF
Fone: (61) 3385.9000
Fax: (61) 3556.5744
E-mail: sac@embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Warley Marcos Nascimento

Editor Técnico: Ricardo Borges Pereira

Supervisor Editorial: George James

Secretária: Gislaine Costa Neves

Membros: Mariane Carvalho Vidal, Jadir Borges
Pinheiro, Fábio Akiyoshi Suinaga, Ítalo
Moraes Rocha Guedes, Carlos Eduardo
Pacheco Lima, Marcelo Mikio Hanashiro,
Caroline Pinheiro Reyes, Daniel Basílio
Zandonadi

Expediente

Normalização bibliográfica: Antonia Veras

Editoração eletrônica: André L. Garcia